



ارزیابی استحکام چسبندگی الیاف در ولکانیده‌های لاستیک نیتریل (NBR)

محمد امین عزیزی^{۱*}، علی دشتی^{۲،۳*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - گرایش پلیمر، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ آزمایشگاه آزمون‌های قطعات پلیمری (RPT Lab.)، پژوهشکده نفت و گاز، دانشگاه فردوسی مشهد

*dashti@um.ac.ir

چکیده

چسبندگی و بهبود پیوند سطحی الیاف به لاستیک یک مسئله مهم در صنایع لاستیکی است. اصلاح سطحی شیمیایی و فیزیکی روشهای موثر برای افزایش چسبندگی بین دو فاز می‌باشد. در این پژوهش، استحکام چسبندگی پارچه‌های الیاف مختلف به ولکانیده‌های نیتریل (NBR) بررسی شد. آزمون‌های سختی، استحکام مکانیکی، مقاومت پارگی و استحکام چسبندگی برای ارزیابی خواص مکانیکی اندازه‌گیری گردید. نمونه‌های لاستیک تقویت شده با الیاف پارچه (منجیدار) در دمای ۱۵۰°C پخت شدند. نتایج نشان داد پارچه الیاف پلی اتیلن ترفتالات (PET) اصلاح شده با RFL (رزورسینول-فرمالدئید-لاتکس) بالاترین چسبندگی را به دلیل برهمکنش‌های قوی سطحی با لاستیک NBR دارد.

کلمات کلیدی: لاستیک نیتریل، پارچه الیاف، استحکام چسبندگی، برهمکنش.

۱. مقدمه

لاستیک NBR به عنوان یکی از رایج‌ترین مواد لاستیکی به دلیل هزینه متوسط و مقاومت خوب در برابر محصولات نفتی اعم از روغن‌ها، سوخت‌ها، قابلیت فرآیندپذیری و مقاومت خوب در دامنه وسیعی از دماها از خود نشان می‌دهد. این ویژگی باعث شده به عنوان یکی از پرکاربردترین لاستیکها در صنایع نفت و گاز محسوب شود. وجود شرایط عملیاتی سخت مانند تنش‌های مداوم، دما و فشار بالا، محیط خورنده باعث کاهش عمر مفید و کارایی مواد لاستیکی می‌شود. استفاده از لاستیک‌های تقویت شده با الیاف پارچه (منجیدار) برای افزایش مقاومت مکانیکی و طول عمر قطعات لاستیکی تحت شرایط دینامیکی بالا می‌باشد. بهبود و افزایش چسبندگی بین سطوح پارچه الیاف و ماتریس لاستیکی از اهمیت بالایی برخوردار است [۱ و ۲].

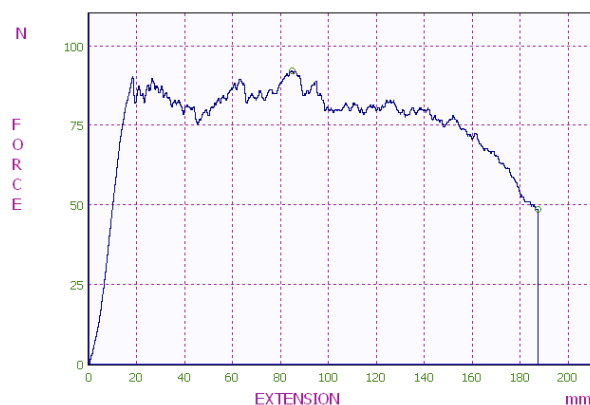
رضوی زاده و جمشیدی [۳]، اثر تابش فرابنفش برای اصلاح سطح پارچه‌های PET و لاستیک NBR مورد بررسی قرار دادند. لاستیک/الیاف در حالت اصلاح شده با فرابنفش چسبندگی بیشتری را نسبت به حالت غیر اصلاح شده نشان داد. وانگ و همکاران [۴]، به

بررسی دو نوع سیستم چسبندگی RFL و HRH برای افزایش استحکام چسبندگی نخ‌های PET و NBR پرداختند. رزین HRH ۳۰٪ چسبندگی بهتری نسبت به RFL نشان داد. جمشیدی و همکاران [۵]، تاثیر افزایش دما بر چسبندگی پارچه الیاف مختلف با لاستیک NR/SBR با سیستم چسبندگی RFL را بررسی کردند. افزایش دما باعث کاهش چسبندگی پارچه الیاف به لاستیک می‌شد. احتمال بر این بود که پیوندهای هیدروژنی بین دو سطح شکسته می‌شد. بخشنده و همکارانش [۶]، به بررسی اثر میزان اسید استتاریک در آمیزه لاستیک NBR بر چسبندگی نخ‌های Nylon-PET پرداختند. افزایش اسید استتاریک باعث افزایش شبکه‌ای شدن آمیزه لاستیکی و کاهش چسبندگی لاستیک به الیاف شد.

طبق مطالعات انجام شده، ایجاد چسبندگی خوب و مناسب بین الیاف و لاستیک یک مسئله بسیار مهم برای طراحی آمیزه‌های لاستیکی و انتخاب درست در نوع اصلاح سطح برای پارچه الیاف می‌باشد. به عبارت دیگر، انجام تیمارهای سطحی مناسب برای پارچه‌های الیاف با هدف ایجاد سازگاری مناسب با لاستیک برای ایجاد مقاومت مکانیکی



پارچه‌های الیاف با چسب RFL اصلاح شدند. نمونه‌های لاستیک منجیدار به صورت ساندویچی، پارچه الیاف بین دولایه ماتریس لاستیکی آماده شدند. سپس درون قالب پخت با طول، عرض و ضخامت به ترتیب ۱۴.۵cm، ۲.۵cm و ۶mm آماده و درون پرس گرم در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۸ دقیقه پخت شدند. آزمون استحکام چسبندگی طبق استاندارد ASTM-D413 انجام شد. برای هر نمونه آزمون سه بار تکرار شد. در شکل ۱ نمودار استحکام چسبندگی برای نمونه EP125 نشان داده شده است.



شکل ۱: آزمون استحکام چسبندگی برای یک نمونه لاستیکی با پارچه EP100

طبق نمودار شکل ۱ در ابتدا نمودار یک صعود تیزی را نشان داده و نتیجه شروع جدایش ابتدایی پارچه الیاف از لاستیک را نشان می‌دهد. در مرحله بعد نمودار در یک بازه مشخصی شروع به نوسان (خطوط زیگزاگ) می‌کند. و جدایش مستمر لاستیک از پارچه الیاف را نشان می‌دهد. و هر چه مقدار نیروی جداکننده برای پارچه الیاف بالاتر باشد. ارتباط مستقیمی با افزایش مقاومت مکانیکی در لاستیک نشان می‌دهد.

۳. نتایج و بحث

استحکام چسبندگی بین پارچه الیاف-لاستیک می‌تواند معیاری از مقاومت مکانیکی نمونه در قبال تنش‌های اعمالی باشد. در جدول ۳ مشخصات پارچه الیاف استفاده شده گزارش شده است.

جدول ۳: مشخصات پارچه الیاف‌های استفاده شده در مطالعه حاضر

پارچه	EP100	EP125	PA66	PET
تراکم تار و پود (Number/10cm)	760	450	330	120
ضخامت (mm)	0.4	0.5	0.5	1.0
وزن (gr)	1.46	1.92	0.56	1.99

شکل ۲ نتایج متفاوت استحکام چسبندگی برای هر ۴ نوع پارچه را نشان داده است. پارچه‌های EP100 و EP125 چسبندگی کمتری را نسبت به پارچه‌های PET و PA66 نشان می‌دهد. دلایل مختلفی اعم از برهمکش

بالا و طول عمر بیشتر می‌باشد، که برای پارچه الیاف‌های مختلف، کمتر به آن پرداخته شده است. هدف اصلی در این پژوهش، ارزیابی استحکام چسبندگی برای پارچه‌های الیاف متفاوت در ولکانیده‌های لاستیک نیتریل و ارتباط ساختار-خواص آنها می‌باشد.

۲. روش تجربی

آمیزه مورد استفاده شامل لاستیک نیتریل (NBR-35L)، پرکننده‌ها شامل دوده (N550) و (N330)، فعال کننده اکسید روی (ZnO) و کمک فعال کننده اسید استتاریک، آنتی ازونات و آنتی اکسیدانت (IPPD) و (TMQ)، عامل پخت گوگرد (S) و دو نوع شتاب دهنده (CBS) و (TMTD)، چسب (RFL) به عنوان ماده اصلاح کننده سطح پارچه الیاف می باشد که همگی از منابع داخلی تهیه شده است. در جدول ۱ مقادیر آمیزه لاستیکی مورد مطالعه ذکر شده است.

جدول ۱: فرمولاسیون آمیزه لاستیکی NBR

Component	Part (phr)
NBR-35L	100
N550	60
N330	10
DOP	5
ZnO	5
Stearic acid	2.0
IPPD	0.8
TMQ	0.8
S	1.0
CBS	1.5
TMTD	0.2

آمیزه‌ها در بازه دمایی ۳۵ تا ۶۰ درجه سانتیگراد با غلتک دوميله ای آماده شدند. به کمک آزمون رئومتر از دستگاه SMD-200B ستام برای بدست آوردن خواص پخت نمونه انجام شد. آزمون کششی و استحکام چسبندگی با استفاده از دستگاه STM-20 ستام انجام شد. خواص مکانیکی نمونه لاستیکی از جمله سختی، مدول، استحکام کششی، مقاومت پارگی در جلد ۲ ذکر شده است. تمامی آزمون‌ها در آزمایشگاه آزمون‌های قطعات پلیمری واقع در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است.

جدول ۲: خواص مکانیکی ولکانیده لاستیکی NBR

مقادیر	خواص مکانیکی
۷۰	سختی (Shore A)
۱۷	استحکام کششی (MPa)
۳۵۰	ازدیاد طول در نقطه پارگی (%)
۶۰	استحکام پارگی (kN/m)

الیاف متمرکز بودند، این تحقیق با بررسی جامع چندین نوع پارچه، یک درک جامع و مقایسه‌ای از عملکرد آن‌ها فراهم می‌کند. نتایج حاصل اطلاعات ارزشمندی در مورد تاثیر پارچه‌های مختلف برای آمیزه‌های لاستیکی NBR ارائه می‌دهد که کمتر بیان شده است.

۴. نتیجه‌گیری

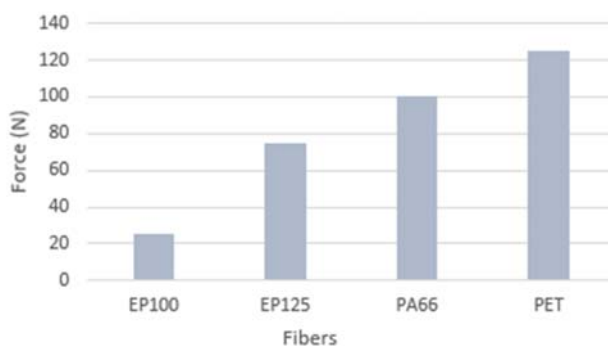
ارزیابی چسبندگی برای چهار نوع پارچه‌های الیاف مختلف اصلاح شده با چسب RFL با لاستیک NBR بررسی شد. استحکام چسبندگی و خواص مکانیکی کامپوزیت‌های لاستیکی محاسبه شد. طبق داده‌های بدست آمده پارچه‌های الیاف PET و PA66 پس از تیمار شدن با چسب RFL بیشترین چسبندگی با لاستیک NBR را نسبت به بقیه پارچه‌های الیاف داشتند. پارچه الیاف PA66 نسبت به الیاف PET استحکام چسبندگی کمتری داشت. احتمال می‌رود، الیاف PET داری سطح قطبی‌تر نسبت به بقیه الیاف و همچنین برهمکنش قوی‌تری بین دو سطح پارچه الیاف و لاستیک وجود داشته باشد.

مراجع

- [1] Yasin, Tariq, et al. "Effect of acrylonitrile content on physical properties of electron beam irradiated acrylonitrile-butadiene rubber." *Reactive and Functional Polymers* 57.2-3 (2003): 113-118.
- [2] Degrange, J.-M., et al. "Influence of viscoelasticity on the tribological behaviour of carbon black filled nitrile rubber (NBR) for lip seal application." *Wear* 259.1-6 (2005): 684-692.
- [3] Razavizadeh, Mahmoud, and Masoud Jamshidi. "Adhesion of nitrile rubber to UV-assisted surface chemical modified PET fabric, part II: Interfacial characterization of MDI grafted PET." *Applied Surface Science* 379 (2016): 114-123.
- [4] Jincheng, Wang, Chen Yuehui, and Du Zhaoqun. "Research on the adhesive property of polyethylene terephthalate (PET) cord and nitrile-butadiene rubber (NBR) system." *Journal of industrial textiles* 35.2 (2005): 157-172.
- [5] Jamshidi, Masoud, et al. "Study on cord/rubber interface at elevated temperatures by H-pull test method." *Applied surface science* 249.1-4 (2005): 208-215.
- [6] Bakhshandeh, G. R., T. Darestani Farahani, and M. Emamikia. "Effect of curing system on mechanical properties of NBR/nylon-PET cord composite." *e-Polymers* 8.1 (2008): 026.

ضعیف بین لاستیک/الیاف و یا الیاف/چسب می‌تواند داشته باشد. نتایج حاصله با یافته‌های رضوی زاده و جمشیدی [۳] که به بررسی تاثیر اصلاح سطح و ارتباط استحکام چسبندگی و مقاومت مکانیکی پرداخته بودند، همخوانی دارد.

نتایج آزمایش‌های استحکام چسبندگی نشان می‌دهد، که پارچه الیاف پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) بالاترین نیروی چسبندگی را نسبت به ماتریس لاستیکی در حضور چسب RFL (رزورسینول-فرمالدئید-لاتکس) از خود نشان می‌دهد.



شکل ۲: استحکام چسبندگی ولکانیده‌های لاستیکی NBR

این در حالی است که پارچه الیاف پلی‌آمید ۶۶ (PA66) استحکام چسبندگی کمتری را نشان می‌دهد. این تفاوت قابل توجه در عملکرد چسبندگی به طور مستقیم با ساختار شیمیایی و برهم‌کنش‌های سطحی این دو نوع الیاف با اجزای فعال چسب RFL مرتبط است. الیاف PET که دارای گروه‌های استری و حلقه‌های آروماتیک (بنزنی) هستند، به دلیل ماهیت شیمیایی خود، قابلیت برقراری پیوندهای هیدروژنی قوی و برهم‌کنش‌های واندروالسی مؤثر با گروه‌های هیدروکسیل رزورسینول و گروه‌های عاملی فرمالدئید را دارند. این برهم‌کنش‌های مولکولی قوی منجر به نفوذ بهتر اجزای رزینی چسب به سطح الیاف و ایجاد یک اتصال مکانیکی و شیمیایی پایدارتر می‌شود. در مقابل، الیاف PA66 عمدتاً از گروه‌های آمیدی تشکیل شده‌اند. که اگرچه قابلیت ایجاد پیوند هیدروژنی را دارند، اما این برهم‌کنش‌ها به اندازه برهم‌کنش‌های مشاهده شده در الیاف PET قوی و مؤثر نیستند، در نتیجه، لایه چسبی که بین الیاف PA66 و لاستیک تشکیل می‌شود، استحکام کمتری از خود نشان می‌دهد.

این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که انتخاب نوع الیاف با گروه‌های عاملی مناسب، نقش حیاتی در بهینه‌سازی استحکام چسبندگی در کامپوزیت‌های لاستیکی دارد. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شد استحکام چسبندگی به شدت به انتخاب نوع پارچه بستگی دارد. در این پژوهش، اهمیت انتخاب پارچه الیاف را در طراحی قطعات صنعتی نشان می‌دهد. بر خلاف پژوهش‌های قبلی که تنها بر روی یک نوع پارچه